

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

N.

PTO 03-3659

CY=JA DATE=19870112 KIND=A  
PN=62-005197

CORE STRUCTURE FOR BOILING WATER REACTOR  
[FUTTOSUIGATA GENSHIRO NO ROSHIN KOZO]

Akira Maru, et al.

UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE  
Washington, D.C. June 2003

Translated by: FLS, Inc.

PUBLICATION COUNTRY	(10):	JA
DOCUMENT NUMBER	(11):	62005197
DOCUMENT KIND	(12):	A
PUBLICATION DATE	(43):	19870112
PUBLICATION DATE	(45):	
APPLICATION NUMBER	(21):	60142465
APPLICATION DATE	(22):	19850701
ADDITION TO	(61):	
INTERNATIONAL CLASSIFICATION	(51):	
DOMESTIC CLASSIFICATION	(52):	G21C 1/08; G21C 5/14
PRIORITY COUNTRY	(33):	
PRIORITY NUMBER	(31):	
PRIORITY DATE	(32):	
INVENTOR	(72):	MARU, AKIRA; UMEHARA, HAJIME; ASANO, RINICHI; SAITO, SOZO.
APPLICANT	(71):	HITACHI LTD., ETC.
TITLE	(54):	CORE STRUCTURE FOR BOILING WATER REACTOR
FOREIGN TITLE	[54A]:	FUTTOSUIGATA GENSHIRO NO ROSHIN SOCHI

Title of the Invention     Core Structure for Boiling Water Reactor

Claim(s)

1. A core structure for a boiling water reactor comprising a lattice-shaped upper core support member, a fuel support member arranged at the lower end of the core, and a fuel assembly whose upper end is held by the aforesaid core support member and whose lower end is held by the aforesaid fuel support member; said core structure for a boiling water reactor characterized by being provided with a pair of control rods inserted directly below the aforesaid upper core support member and respectively arranged in diagonal positions facing one cell of the aforesaid upper core support member, and a fuel assembly which respectively faces the control rods and whose upper end is inserted into one cell of the aforesaid upper core support member.

Detailed Specifications

(Field of Industrial Application)

The present invention pertains to a core structure for a boiling water reactor, and in particular, it pertains to a core structure for a boiling water reactor ideal for applications, such as fuel assemblies and control rods, supported by them in a boiling water reactor.

(Background of the Invention)

A boiling water reactor has a plurality of fuel assemblies lined up vertically in the core thereof and a control rod which is insertable/extractable at a right angle through a gap between fuel assemblies. The

---

\* Numbers in the margin indicate pagination in the foreign text.

core is built into the reactor's pressure vessel, which is immersed in a cooling medium and light water, which has a moderator function.

As shown in Figs. 9(a) and (b), the fuel assembly **10** comprises an upper tie plate **102**, lower tie plate **103**, a plurality of long, slender fuel rods **104**, with both ends supported by those tie plates, and a square cylindrical channel box **105** which surrounds a bundle of fuel rods **104**. A fuel assembly **101** is supported by a fuel support fitting **107**, whose lower end is established on a lower core support plate **106** and the upper end thereof is supported by an upper grid plate **108**. A control rod **109** is inserted between the fuel assemblies within the core through a control rod guide tube **110** in the lower part of the core, and extracted from therebetween. Each control rod **109** is connected to a control rod drive unit (not shown) by way of a coupling. The light water is guided into /614 the fuel assembly **101** after the flow rate of the fuel assembly **101** is adjusted to the necessary proportion through an orifice provided inside the fuel support fitting **107**; its flow distribution is adjusted as it passes through the lower space of the core inside the reactor pressure vessel. Then, the light water is heated as it rises inside the fuel assembly **101** to become a two-phase flow of a vapor-water mixture.

A plan view of the unit cell of a conventional core comprising four fuel assemblies **101** adjacent to one control rod **109** is shown in Fig. 10, as seen from the upper part of the core. A conventional fuel rod **104** with a 8×8 grid is arranged inside one fuel assembly **101**. A passage is formed between four channel boxes **105** on the outside so that the control

rod **109** having a cruciform cross section is able to move axially. The interior region of the channel box **105** is called an in channel region **111** and the outside region of the channel box **105** is called an out channel region **112**. The upper grid plate **108** becomes a lattice shape. Four fuel assemblies **101** are arranged in each cell of the upper grid plate **108**. One control rod **109** is inserted among these four fuel assemblies **101**. Below intersecting points of a part of the upper grid plate **108**, a neutron instrumentation guide pipe **113**, with a built-in neutron detector, is erected perpendicularly between the lower core support plate **106** and upper grid plate **108**.

There are the following problems with the aforementioned conventional core structure for a boiling water reactor.

As shown in Fig. 9(b), the space below the upper grid plate **108** is filled with cooling water, excepting the intersecting part at the upper grid plate **108** where the neutron instrumentation guide pipe **13** is erected. Moreover, the space outside the part in the gap among four fuel assemblies **101** occupied by the control rod **109** is filled with cooling water. The majority of the control rods **109** are in an extracted state from the core during the period the reactor is running, and the aforementioned gap is nearly occupied with the cooling water. The capacity for the water used as the cooling medium in the out channel region **112** shown above is less than that for the water in the in channel region used as the moderator. Therefore, it is desirable to increase the capacity of the in channel region for the core structure, but it is impossible to reduce the thicknesses

of the upper grid plate and the control pipe equal to or above those in a conventional core structure.

(Objective of the Invention)

The object of the present invention is to obtain a core structure for a boiling water reactor able to increase burning efficiency.

(Summary of the Invention)

The following solution to the aforementioned problems was discovered.

In order to increase the area ratio of the in channel and out channel regions, a core structure was obtained in which the control rods were arranged at the intersecting points of the upper grid plate, and one fuel assembly was arranged in each unit cell surrounded by the upper grid plates.

Thus, the space just below the upper grid plate in a conventional core structure was wasted, and the size of the in channel region could be increased by arranging the control rod therein.

By arranging one fuel assembly per unit cell of upper grid plates and arranging a control rod below the intersecting points of the upper grid plate, a larger-sized fuel assembly could be planned on the basis of the conditions at which the entire number of control rods in the core is made constant.

(Practical Examples of the Invention)

The core structure for a boiling water reactor, which is an ideal practical example for the present invention, will now be described.

Figure 1 is a plan view of the upper grid plate **1** positioned in the upper part of the core. The upper grid plate **1** is established inside the reactor pressure vessel (not shown) of a boiling water reactor. In

Fig. 1, the upper grid plate **1** in this practical example is positioned by rotating it  $45^\circ$  to the grid of a conventional core by making a shape in which the opposing intersecting points of the four intersecting points in a unit cell of upper grid plates **108** (shown by the dashed line in Fig. 1) in the conventional core structure are respectively connected. The position of the center shaft of the control rod **109** (shown by the dashed line in Fig. 1) in the conventional core matches an intersecting point **2** of the upper grid plate **1** of this practical example. The control rod **3** rotates  $45^\circ$  in the direction in which the position in the conventional core remains unchanged, and a cruciform blade is perfectly arranged just below the upper grid plate **1** when observed from above the core. /615

The crosswise upper grid plate **1** just made as such has a structure in which the length on one side of the lattice of is  $1/\sqrt{2}$  of the upper grid plate **108** of the conventional core, and the intersecting points of the upper grid plate **1**, consisting of an intersecting point **2**, which is positioned right above the core shaft position the control rod **3**, and an intersecting point **4**, where a control rod is not positioned (coincides with the intersecting position of the upper grid plate of the conventional core), are arrayed alternately.

The control rods **3** are arranged respectively in a pair of diagonal positions to face one cell of the upper grid plate **1**, and are inserted between the adjacent fuel assemblies **5** just below the upper grid plate **1**. One fuel assembly **5** is inserted in one cell of the upper grid plate **1**. The fuel assembly **5** whose upper end is inserted in this cell is immediately



adjacent (opposite) to the control rods **3** arranged respectively diagonal to the cell when the control rod **3** is completely inserted in the core to be interposed between this pair of control rods **3**. Of the intersecting points of the upper grid plate **1**, the portion of intersecting points **4** where control rods are not positioned become upper support parts for the neutron instrumentation guide pipe. The unit cell area of the upper grid plate **1** is about twice the longitudinal cross section of the fuel assembly **101** loaded in the conventional core, and one fuel assembly **5** each is loaded per unit cell to constitute a core. That is, the upper end of the fuel assembly **5** is inserted and held in one cell of the upper grid plate **1**.

The control rod **3** is inserted among four fuel assemblies **5** and also in the gap just below the upper grid plate **1**. The lower ends of the fuel assemblies **5** are supported by the fuel support fitting **10** shown in Fig. 4 and described later. Although the lower tie plate **8** described later is not shown, the fuel assembly **5** comprises an upper tie plate, the lower tie plate **8**, and numerous fuel rods **20**, with both ends held by the upper tie plate. The channel box **21** of the fuel assembly **5** surrounds a bundle of fuel rods **20**.

As seen from above the reactor, the positional relationship between the position where a fuel assembly is loaded and the fuel support fitting in this practical example is shown in Fig. 2. One cruciform opening **12** through which the control rod **3** passes through and four cooling medium outlets **13** are provided in the fuel support fitting **10** inserted in a control rod guide tube **7** which is installed on a lower core support plate **6**.

The fuel assembly **5** is loaded in a position interposed between two control rods **3**. One fuel assembly **5** is arranged across two independent fuel support fittings **10**, as shown in Fig. 2. The cooling medium guided into the fuel assemblies **5** is then supplied through one cooling medium outlet **13** each of two adjacent fuel support fittings **10**.

A method for supporting the fuel assembly **5** in this practical example is shown in Fig. 3. A structure with the fuel assembly **5** loaded, as seen from above the core, is shown in Fig. 3(a).

An A-A cross section in Fig. 3(a) is shown in Fig. 3(b).

In Fig. 3(b), a fuel assembly **5** having a lower tie plate **8** provided with two noses **9** is supported by inserting two lower noses **9** respectively in the cooling water inlet **13** formed in the upper parts of two adjacent fuel support fittings **10**. That is, the weight of the fuel assembly **5** is supported equally between two fuel support fittings **10**. The fuel support fitting **10** is established on the lower core support plate **6** along with the control rod guide tube **7**. The cooling medium, which cools the fuel assembly **5**, passes through an inlet **11** formed on the side faces of the control rod guide tube **7** and fuel support fitting **10**, and after adjusting the flow rate through the orifice provided inside the fuel support fitting **10**, it passes through the cooling medium outlet **13** and the nose **9** into the fuel assembly **5**. The upper end of the fuel assembly **5** is supported axially by the upper grid plate **1**.

There is a cruciform opening **12** in the center of the fuel support fitting **10**. The control rod **3** connected to a control rod drive mechanism,

which moves up and down inside the control rod guide tube **7**, is inserted and withdrawn from between the fuel assemblies **5** after passing through the opening **12**.

The fuel support fitting **10** for this practical example is shown in Fig. 4. One cruciform opening **12** through which the control rod **3** is inserted and withdrawn and four cooling medium outlets **16** fitting with the lower nose **9** of the lower tie plate **8** of the fuel assembly **5** is formed in the upper part. Moreover, the cooling medium inlet **11** is formed on the lower side face of the fuel support fitting **10** for introducing the cooling medium below the lower core support plate **6**. There are eight peripheral cooling medium inlets **11** and two of them are connected to one cooling medium outlet **13**.

As shown in Fig. 2, when a cooling medium inlet **11** is provided /616 in one location corresponding to the cooling medium outlet **13** in this practical example, the adjacent fuel support fitting **10** gets in their way and a suitable flow rate is not obtained. Thus, a structure for avoiding this interference is obtained by making the cooling medium inlet **11**, as mentioned above, bifurcated.

The lower tie plate **8** of the fuel assembly **5** in this practical example is shown in Fig. 5. There is a cooling medium passage **15** in the lower region of a grid **14** used for inserting a plug at the lower end of the control rod, and two lower noses **9** (cooling medium intake) connected to it are installed in the corners along one diagonal line. The positions of the lower noses **9** fit into the cooling medium outlets **13** of two adjacent

fuel support fittings **10**, as shown in Fig. 3(b).

The ratio ( $=S_1/S_2$ ) of the cross sectional area **S<sub>1</sub>** of the in channel region **18** and the cross sectional area **S<sub>2</sub>** of the out channel region **12**, that is, the area ratio **C<sub>1</sub>** for this practical example is shown compared to the ratio ( $=S_3/S_4$ ) of the cross sectional area **S<sub>3</sub>** of the in channel region and the cross sectional area **S<sub>4</sub>** of the out channel region, that is, the area ratio **C<sub>2</sub>** for the conventional example. Figure 6(a) shows a conventional core and Fig. 6(b) shows the core of this practical example. The in channel region **18** signifies a region on the inside of channel boxes **105** and **12** in both the conventional and this practical example. The out channel region **17** is a region on the outside of the channel boxes **105** and **12**, which satisfies the following conditions. The out channel region **18** in the conventional example is a region surrounded by plate materials on two sides composing two blades of the control rod **109** and one cell of the upper grid plate **108**, as shown in Fig. 6(a). Specifically, they consist of an internal region surrounded by the centerlines of the two blades and the centerlines of plate materials on two sides composing one cell, and an external region on the outside of the channel box **105**. The out channel region **18** in this practical example refers to a region on the inside of the centerlines of four plate materials composing one cell of the upper grid plate **1** outside the channel box **21**. The area ratios **S** of the in channel region **18** per fuel assembly and the out channel region **107** are shown for comparison according to Fig. 6, as seen from above the core. The width per fuel assembly **101** in the conventional core (the width

of the channel box **105**) is **A** and the width of the outer peripheral region annexing one fuel assembly is **g**. At this time, the area ratio **C<sub>2</sub>** in the conventional core becomes  $C_2 = 1/4(g/A + g^2/A^2)$ . Meanwhile, in the core of this practical example, when the width of the fuel assembly **5** is  $\sqrt{2}A$  and **g** does not change, the area ratio **C<sub>1</sub>** becomes  $C_1 = 1/2 \cdot (\sqrt{2}g/A + g^2/A^2)$ . **g/A** is about 1/10; hence, the area ratio **C<sub>1</sub>** of the in channel region **18** and the out channel region **107** is about 1.4 times higher than that of the core in the conventional example.

Incidentally, in this practical example, the grating positions of the upper grid plate **1** overlap the positions of the control rod **3**; hence, there is a drawback because the operability for replacing the control rod is poor, but after taking away four adjacent fuel assemblies **5**, a joining socket between the control rod **3** and the control rod drive unit is detached, so the control rod **3** moves transversely once, and it is possible to take the control rod **3** out from the center of the lattice of the upper grid plate **1**. In this case, use of the control rod **3** with a structure able to be divided into two rods midway between the velocity limiter and blade section is more advantageous from the standpoint of operability.

Backfitting of the existing boiling water reactor is possible if an alteration in the joining socket portion of the control rod's drive unit, an alteration of the position that the tool used for fixing a position is installed in (which is welded to the control rod guide tube and the fuel support fitting), and an alteration in the fuel support fitting, which is used in the circumferential part of the core, are performed because

the direction of the control rod is rotated 45° after altering the upper lattice plate 1.

According to this practical example, the position where the control rod 3 is inserted matches the position just under the grid of the upper lattice plate 1; hence, part of the out channel region can be reduced, and the in channel can be increased separately at the position of the conventional upper grid plate and the position of the control rod; hence, it is possible to constitute a core with uniform burning characteristics and excellent economy.

In addition, it is possible to double the fuel assembly area in this practical example over that of the past, and the number of fuel assemblies 5 loaded in the core may be reduced. Therefore, it is possible to halve the number of fuel assemblies 5 handled while replacing a fuel assembly, and the amount of time required for the operation for replacing a /617 fuel assembly may be reduced to about one-half that in the past.

In this practical example, the volume ratio of the fuel and the in-core control rod basically does not change, and control of the reactivity with respect to the entire core may be performed as with a conventional core. Moreover, the positional relationship between the control rod and the neutron instrumentation pipe also can be made the same as that of the conventional core, and a conventional technique for monitoring the core can be applied.

Further, the cooling medium is supplied through two cooling medium outlets 13 inside one fuel assembly 5; hence, the cross sectional flow rate distribution of the cooling medium flowing through the fuel assembly

5 is substantially uniform even if the fuel assembly 5 has a large cross sectional area.

A larger fuel assembly is shown in Tokkai No.54-82590. The fuel assembly shown in this Kokai publication is a combination of four conventional fuel assemblies. When such a fuel assembly is used, the amount of time for replacing the fuel is curtailed, but an increase in the area ratio of the in channel region and the out channel region cannot be expected. Moreover, in the fuel assembly of the above-mentioned Kokai publication, it is necessary to provide a passage to guide the control rod in the assembly, so the structure becomes complex.

The fuel support fitting 10 may have the shape shown in Fig. 7, but according to the example in Fig. 7, the opening of the cooling medium outlet 13 can be positioned lower than the cruciform opening 12 that will become the passage for the control rod. In this case, the fuel assembly 5 is supported by an auxiliary fuel support fitting 16, as shown in Fig. 8.

Figure 8(a) is a drawing of the state in which the auxiliary fuel support fitting 16 is combined with the fuel support fitting 10, as seen from above. The B-B cross section in Fig. 8(a) is shown in Fig. 8(b). Fuel assemblies 5 are shown collectively in Fig. 8(b). The auxiliary fuel support fitting 16 has a box-shaped structure where there are two openings connected to the cooling medium outlet 13 of the fuel support fitting 10 shown in Fig. 7 in the lower part and one opening connected to the nose 9 of the fuel assembly 5 in the upper part; its height matches the difference between the height of the opening of the control rod

inlet/outlet **12** of the fuel support fitting **10** shown in Fig. 7 and the height of the opening of the cooling medium outlet **13**. Two openings in the lower part of the auxiliary fuel support fitting **16** fits with each of the cooling medium outlets of two adjacent fuel support fittings **10** in Fig. 8. The cooling media discharged through each of the cooling medium outlets **13** of the respective fuel support fittings **10** merge inside the fuel supporting auxiliary fitting, and this flows into the fuel assembly **5** by way of the nose **9**. In this case, one nose is installed on the lower tie plate **8** of the fuel assembly **5**.

#### (Advantages of the Invention)

According to the present invention, the ratio of the cross sectional area of the in channel region and the cross sectional area of the out channel area may be increased; hence, the burning efficiency can be improved and the fuel economy may be improved noticeably.

#### Brief Explanation of the Drawings

Figure 1 is a partial plane view of the core structure for a boiling water reactor which is an ideal practical example of the present invention; Figure 2 is an explanatory diagram showing the positional relationship between the fuel support fitting and the fuel assembly arranged in the lower part of the core structure in Fig. 1; Figure 3 shows the support of the fuel assembly shown in Fig. 1 ((a) is a plan view and (b) is a side view); Figure 4 is a perspective view of the fuel support fitting shown in Fig. 2; Figure 5 shows the structure of the lower tie plate of the fuel assembly shown in Fig. 3 ((a) is a plan view and (b) is a partial longitudinal section); Figure 6 shows the relationship between the in



channel region and the out channel region ((a) is a structural drawing of the conventional example and (b) is a structural drawing of a practical example in Fig. 1); Figure 7 is a perspective view of another practical example of the fuel support fitting; Figure 8 is an explanatory diagram showing the fuel assembly supported by the fuel support fitting in Fig. 7; Figure 9 is an explanatory diagram showing a fuel assembly arrangement for a conventional core; and Figure 10 is a plan view of the conventional core.

1: upper gridplate; 3: control rod; 5: fuel assembly; 10: fuel support fitting

Figure 1

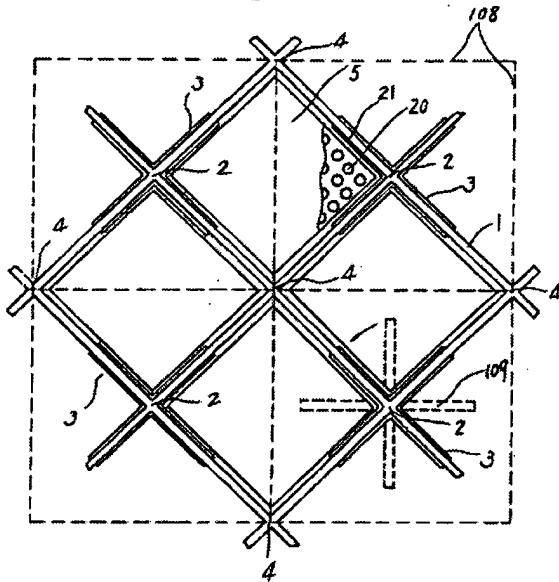


Figure 2

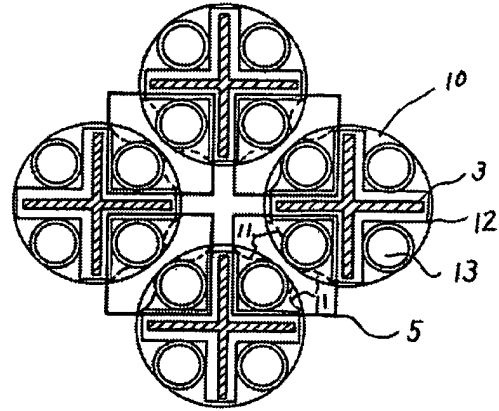


Figure 3

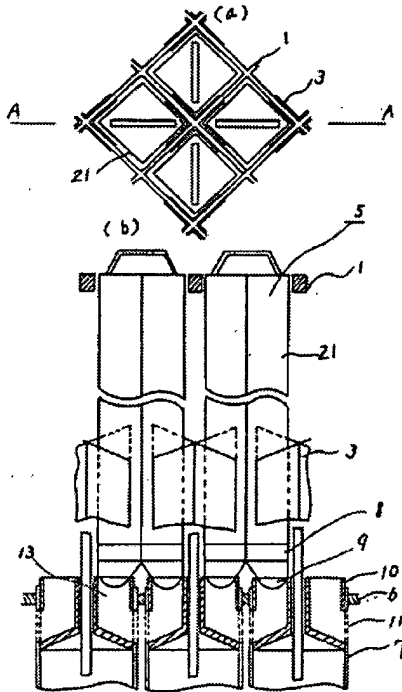


Figure 4

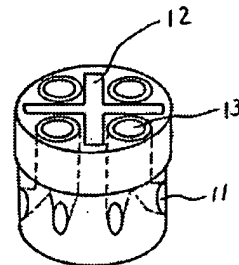


Figure 5

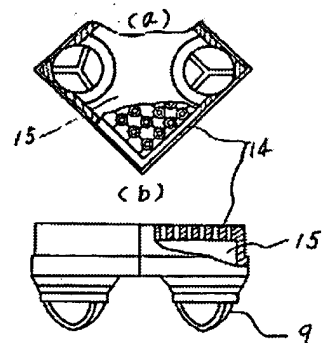


Figure 6

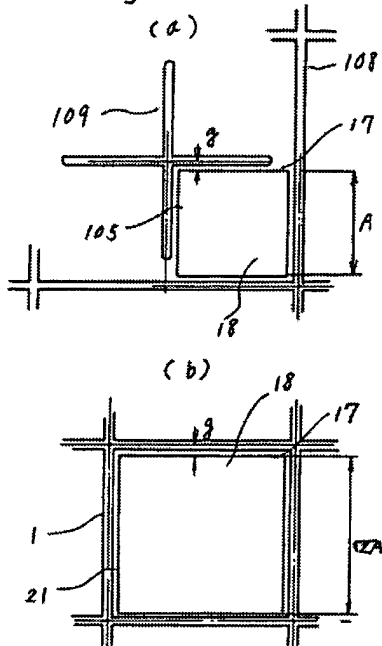


Figure 7

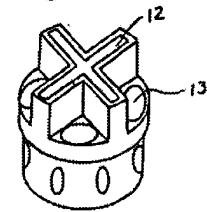


Figure 8

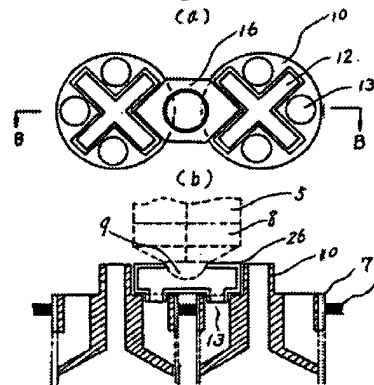


Figure 9

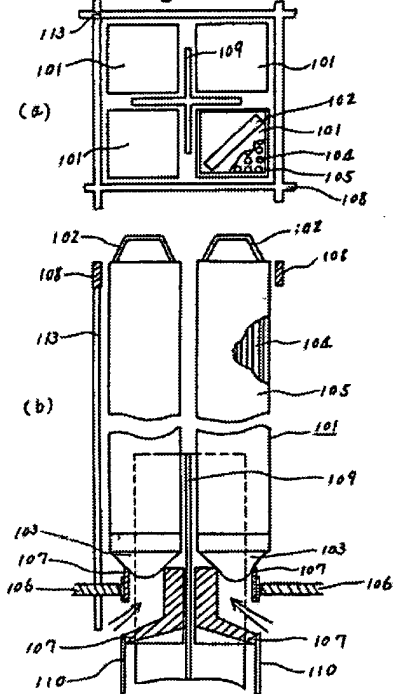
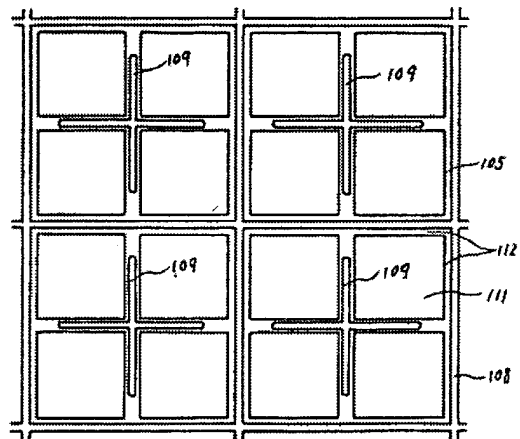


Figure 10



## ⑫ 公開特許公報(A)

昭62-5197

⑬ Int. Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和62年(1987)1月12日

G 21 C 1/08  
5/147414-2G  
7414-2G

審査請求 未請求 発明の数 1 (全8頁)

⑮ 発明の名称 沸騰水型原子炉の炉心構造

⑯ 特 願 昭60-142465

⑰ 出 願 昭60(1985)7月1日

⑱ 発 明 者 丸 彰 日立市幸町3丁目1番1号 株式会社日立製作所日立工場内

⑲ 発 明 者 梅 原 肇 日立市幸町3丁目1番1号 株式会社日立製作所日立工場内

⑳ 発 明 者 浅 野 林 一 日立市幸町3丁目2番1号 日立エンジニアリング株式会社内

㉑ 出 願 人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

㉒ 出 願 人 日立エンジニアリング株式会社 日立市幸町3丁目2番1号

㉓ 代 理 人 弁理士 小川 勝男 外2名  
最終頁に続く

## 明 細 書

発明の名称 沸騰水型原子炉の炉心構造

特許請求の範囲

1. 格子状の上部炉心支持部材と、炉心下端部に配置された燃料支持部材と、上端部が前記炉心支持部材に保持されて下端部が前記燃料支持部材に保持された燃料集合体とからなる沸騰水型原子炉の炉心構造において、前記上部炉心支持部材の真下に挿入されてしかも前記上部炉心支持部材の1つの升目の対向する1対の対角の位置にそれぞれ配置された制御棒と、それらの制御棒にそれぞれ対向して前記上部炉心支持部材の1つの升目内に上端部が挿入された燃料集合体とを具備したことを特徴とする沸騰水型原子炉の炉心構造。

発明の詳細な説明

〔発明の利用分野〕

本発明は、原子炉の炉心構造に係り、特に沸騰水型原子炉それらによつて支持される燃料集合体、制御棒等に適用するのに好適な原子炉の炉心構造に関するものである。

〔発明の背景〕

沸騰水型原子炉は、その炉心に垂直に並べられた複数の燃料集合体を有し、それら燃料集合体の間隙に垂直方向に挿入・引抜できる制御棒を有している。炉心は、原子炉圧力容器内に内蔵され、冷却材および減速材の機能を有する軽水中に浸漬されている。

燃料集合体10は、第9図(a)及び(b)に示すように、上部タイプレート102、下部タイプレート103、とそれらのタイプレートに両端部が支持されている複数の細長い燃料棒104、及び燃料棒104の束を取囲む角筒のチャンネルボックス105よりなっている。燃料集合体101は、下端部を下部炉心支持板106に設置された燃料支持金具107によつて支持され、その上端部を上部格子板108によつて支持される。制御棒109は、炉心下部の制御棒案内管110を通して炉心内の燃料集合体間に挿入され、またその間から引抜かれる。各制御棒109はカプリングを介して制 駆動装置(図示せず)に接続さ

PTO 2003-3659  
S.T.I.C. Translations Branch

れる。軽水は、原子炉圧力容器内の炉心下部のスペースを通過する間に流れの分布が調整され、燃料支持金具107内に設けるオリフィスにて燃料集合体101への流量を所要の割合に調整されたのちに燃料集合体101内に導かれる。そして、軽水は、燃料集合体101内を上昇する間に加熱され、気水混合の二相流となる。

第10図に、1体の制御棒109に隣接する4体の燃料集合体101からなる従来炉心の単位セルを炉心上方から見た平面図を示す。1つの燃料集合体101内には、通常8×8格子の燃料棒104が配置され、外側には、4体のチャンネルボックス105の間を十字形の断面をもつ制御棒109が軸方向に移動できるような通路が形成されている。チャンネルボックス105の内側の領域をインチャンネル領域111、チャンネルボックス105の外側の領域をアウトチャンネル領域112と呼ぶ。上部格子板108は、格子状になっている。上部格子板108の各々の升目の中には、4体の燃料集合体101が配置されている。

が望まれるが、従来の炉心構造ではこれ以上上部格子板の板厚や制御棒の厚さを減らすことは強度上不可能である。

#### 〔発明の目的〕

本発明の目的は、燃焼効率を増加することができる沸騰水型原子炉の炉心構造を提供することにある。

#### 〔発明の概要〕

前述した問題点に対して以下の解決策を見出した。

インチャンネル領域とアウトチャンネル領域との面積比を増加するために、上部格子板の交点の位置に制御棒を配置し上部格子板に囲まれる単位格子に1体の燃料集合体を配する炉心構造とした。こうすることにより、従来の炉心構造では上部格子板の直下の空間が無駄な領域であつたものを、そこに制御棒を配することでインチャンネル領域を増やすことができた。

上部格子板の各単位セルに1体の燃料集合体を配置させ、上部格子板の交点の下に制御棒を配す

これらの4体の燃料集合体101の間に、1体の制御棒109が挿入される。上部格子板108の一部の交点の下には、中性子検出器を内蔵した中性子計装案内管113が下部炉心支持板106と上部格子板108の間を垂直に立っている。

以上に記述した従来の沸騰水型原子炉の炉心構造には下記の問題点がある。

第9図(b)に示すように、上部格子板108の下空間は、中性子計装案内管113が立っている上部格子板108の交点部分を除いて、冷却水で満たされている。また、4体の燃料集合体101間のギャップには制御棒109が占める部分以外の空間は冷却水で満たされている。原子炉を運転している期間中、大部分の制御棒109は炉心から引抜かれた状態にあり、前述のギャップはほとんど冷却水が占めることになる。以上に示したアウトチャンネル領域112の水は、冷却材としての能力は低く、また減速材としての能力もインチャンネル領域の水に比べて少ない。したがって、炉心構造としてはインチャンネル領域を増やすこと

る炉心構造によつて、全炉心の制御棒本数を一定とする条件のもとで、燃料集合体の大型化をはかることができた。

#### 〔発明の実施例〕

本発明における好適な一実施例である沸騰水型原子炉の炉心構造を、以下に説明する。

第1図は炉心の上部に位置している上部格子板1を炉心上方から見た平面図である。上部格子板1は、沸騰水型原子炉の原子炉圧力容器(図示せず)内に設置されている。第1図において、本実施例における上部格子板1は、従来炉心構造における上部格子板108(第1図に点線で示す。)の単位格子において、4交点のうち対向する交点をそれぞれ結んだ形をしていて、従来炉心の格子に対して45°回転した位置となる。従来炉心における制御棒109(第1図に点線で示す。)の中心軸の位置は本実施例の上部格子板1の交点2に一致する。制御棒3は、従来炉心における位置を変更せずに向きを45°回転させ、炉心上方から見た場合に十字型のブレードが完全に上部格子

板1の真下になる配置とする。このようにして出来た井桁状の上部格子板1は、格子の一辺の長さが従来炉心の上部格子板108の $1/\sqrt{2}$ であり、上部格子板1の交点は制御棒3の中心軸位置の真上に位置する交点2と、制御棒位置にない交点4（従来炉心の上部格子板の交点位置に一致する）とが交互に配列した構造である。

制御棒3は、上部格子板1の1つの升目の対向する1対の対角の位置にそれぞれ配置され、上部格子板1の真下で隣接する燃料集合体5間に挿入される。1体の燃料集合体5が、上部格子板1の1つの升目内に挿入される。この1つの升目内に上端部が挿入される燃料集合体5は、制御棒3が炉心に全挿入された状態で升目の対向している対角にそれぞれ配置された制御棒3に直接隣接（対向）し、それらの1対の制御棒3に挟まれることになる。上部格子板1の交点のうち、制御棒位置にない交点4の一部は、中性子計装案内管の上部支持部となる。上部格子板1の単位格子面積は従来炉心に装荷されている燃料集合体101の横断

面積の約2倍であり、これらの各単位格子に各1体の燃料集合体5を装荷し炉心を構成する。すなわち、燃料集合体5の上端部は、上部格子板1の1つの升目内に挿入されて保持される。制御棒3は、4体の燃料集合体5の間でしかも上部格子板1の真下の間隙内に挿入される。燃料集合体5の下端部は、後述する第4図に示す燃料支持金具10に支持される。燃料集合体5は、後述する下部タイプレート8、図示されていないが、上部タイプレート、下部タイプレート8及び上部タイプレートに両端部が保持される多数の燃料棒20からなっている。燃料集合体5のチャンネルボックス21が、燃料棒20の束を取囲んでいる。

本実施例における、燃料集合体装荷位置と燃料支持金具の炉心上方から見た位置関係を第2図に示す。下部炉心支持板6に取り付ける制御棒案内管7に、はめ込まれる燃料支持金具10には、制御棒3が通る1つの十字型の開口部12と、4つの冷却材流出口13が設けられている。燃料集合体5は、2つの制御棒3に挟まれた位置に装荷さ

れる。従って、1体の燃料集合体5は、第2図に示すように独立した2つの燃料支持金具10をまたいで配置される。そして燃料集合体5内に導かれる冷却材は、隣接した2つの燃料支持金具10の冷却材流出口13の各1つから供給される。

第3図に、本実施例における燃料集合体5の支持方法を示す。第3図(a)に、燃料集合体5を装荷した状態を炉心上方から見た構造を示す。

第3図(b)には、第3図(a)におけるA-Aの断面を示す。

第3図(b)において、2つのノーズ9が設けられた下部タイプレート8を有する燃料集合体5は、2つの下部ノーズ9を、隣接する2つの燃料支持金具10の上部に開口した冷却水導入口13にそれぞれ挿入することによって支持される。すなわち、燃料集合体5の重量は、2つの燃料支持金具10に均等に支持される。燃料支持金具10は、制御棒案内管7と共に下部炉心支持板6に設置されている。燃料集合体5を冷却する冷却材は、制御棒案内管7及び燃料支持金具10の側面に開

いた流入口11を通り、燃料支持金具10内に設けるオリフイスで流量を調整した後、冷却材流出口13及び下部ノーズ9を通して燃料集合体5に流入する。燃料集合体5の上端部は、上部格子板1により横方向に対して支持される。

燃料支持金具10の中央には、十字形の開口部12がある。制御棒駆動機構に接続されて制御棒案内管7内を上下動する制御棒3は、開口部12を通して燃料集合体5の間に出し入れされる。

第4図に、本実施例における燃料支持金具10を示す。上部には、制御棒3が出入りする1つの十字型の開口部12、及び燃料集合体5の下部タイプレート8の下部ノーズ9が収まる4つの冷却材流出口16が開口している。また燃料支持金具10の側面下部には、下部炉心支持板6の下において冷却材を取り込むための、冷却材流入口11が開口している。冷却材流入口11は周方向に8つあり、その2つづつが1つの冷却材流出口13に連結されている。

第2図に示したように、本実施例において冷却

材流出口13に対応して1ヶ所の冷却材流入口11を設けると、隣接する燃料支持金具10が干渉し合い適正な流量が得られない。このため前述のように冷却材流入口11を二又として干渉を避けた構造にする。

第5図に、本実施例における燃料集合体5の下部タイプレート8を示す。燃料棒下部端栓挿入用グリッド14の下方に冷却材流路15がありそれに続く2つの下部ノーズ9（冷却材取入口）が、1つの対角線上のコーナ部に取り付けられている。下部ノーズ9の位置は、第3図（b）に示したように隣接する2つの燃料支持金具10の冷却材流出口13に嵌るようになっていてる。

次に本実施例におけるインチャンネル領域18の横断面積 $S_1$ とアウトチャンネル領域12の横断面積 $S_2$ との比（ $=S_1/S_2$ ）、すなわち面積比 $C_1$ を従来例におけるインチャンネル領域の横断面積 $S_3$ とアウトチャンネル領域 $S_4$ との比（ $=S_3/S_4$ ）、すなわち面積比 $C_2$ と比較して示す。第6図（a）は従来の炉心を示し、第6

図（b）は本実施例の炉心を示している。インチャンネル領域18とは、従来例及び本実施例ともチャンネルボックス105及び21の内側の領域を意味する。アウトチャンネル領域17とは、従来例及び本実施例ともチャンネルボックス105及び21の外側の領域であり、次の要件を満足している。従来例のアウトチャンネル領域18は、第6図（a）に示すように制御棒109の2つのブレードと上部格子板108の1つの升目を構成する二辺の板材とによって取囲まれた領域である。詳細に言えば、2つのブレードの中心線及び1つの升目を構成する二辺の板材の中心線によって囲まれた内側の領域であつてチャンネルボックス105の外側の領域である。本実施例のアウトチャンネル領域18は、上部格子板1の1つの升目を構成する4つの板材の中心線より内側でチャンネルボックス21の外側の領域をいう。第6図により燃料集合体1体当りのインチャンネル領域18及びアウトチャンネル領域17を炉心上方から見た場合の面積比 $S$ を比較して示す。従来炉心

における燃料集合体101の1体当りの幅（チャンネルボックス105の幅）を $A$ 、燃料集合体1体に付随する外周部領域の幅を $g$ とする。このとき従来炉心における面積比 $C_2$ は、 $C_2 = 1/4 (g/A + g^2/A^2)$ である。一方、本実施例における炉心では、燃料集合体5の幅が $\sqrt{2}A$ であり、 $g$ は変わらないとすると面積比 $C_1$ は、 $C_1 = 1/2 \cdot (\sqrt{2}g/A + g^2/A^2)$ となる。 $g/A$ は1/10程度であるから、本実施例においては、インチャンネル領域18とアウトチャンネル領域17との面積比 $C_1$ は、従来例の炉心に比べて約1.4倍に増加する。

ところで本実施例においては、上部格子板1の格子位置が制御棒3の位置と重なるため、制御棒交換の作業性が悪いという欠点があるが、制御棒3に隣接する4体の燃料集合体5を取り除いた後に、制御棒3と制御棒駆動装置との結合ソケット部を切り放し、制御棒3を一旦横方向に移動し上部格子板1の格子中央から取り出すことが可能である。この場合、ベロシティーリミッタとブレード

部の中間で2分割できる構造の制御棒3を用いるのが作業性の面でより有利である。

本実施例の既存の沸騰水型原子炉へのバックフィットは、上部格子板1を変更して制御棒の向きを45°回転させることに伴ない、制御棒の駆動装置との結合ソケット部の変更、制御棒案内管及び燃料支持金具に溶接された位置固定用金具取り付け位置の変更及び炉心周辺部に用いる燃料支持金具の変更を行えば可能である。

本実施例によれば、制御棒3の挿入位置を上部格子板1の格子の真下の位置と一致させることにより、従来上部格子板位置と制御棒位置に別個にあつた、アウトチャンネル領域の一部を減少させ、インチャンネル領域を増加することができるため、燃焼特性が均一な経済性に優れた炉心を構成することが可能である。

又、本実施例においては燃料集合体の体積を従来の2倍とすることが可能であり、炉心に装荷している燃料集合体5の体数を減らすことができる。従つて、燃料集合体交換時に取扱う燃料集合体5

の数を半減することが可能であり、燃料集合体交換作業に要する時間を従来の約1/2に短縮できる。

本実施例においては、炉心における燃料と制御棒の体積比は基本的に変化せず、炉心全体に対する反応度制御は従来炉心と同等に行うことができる。また、制御棒と中性子計装管の位置関係も従来炉心と同じにすることが出来、従来と同様のコア、モニター手法が適用できる。

さらに1つの燃料集合体5内に2つの冷却材流出口13より冷却材を供給しているので、横断面積の大きな燃料集合体5であつても燃料集合体5内を流れる冷却材の横断面における流量分布がほぼ一様になる。

燃料集合体を大きくすることは、特開昭54-82590号公報に示されている。この公開公報に示された燃料集合体は、従来の4体の燃料集合体を合わせたものである。このような燃料集合体を用いた場合は、燃料交換時間はより短縮されるが、インチャンネル領域とアウトチャンネル領域との

ている。又、燃料支持用補助金具16の下部にある2つの開口部は、第8図において隣接する2つの燃料支持金具10の各々1つの冷却材流出口に合うようになっている。別々の燃料支持金具10の各1ケの冷却材流出口13から出た冷却材は、燃料支持用補助金具内で合流し、ノーズ9を通して燃料集合体5の中へ流れ込む。この場合、燃料集合体5の下部タイプレート8には、1ケのノーズが取り付けられている。

#### 〔発明の効果〕

本発明によれば（インチャンネル領域の横断面積）／（アウトチャンネル領域の横断面積）を大きくできるので、燃焼効率を改善でき、燃料経済性を著しく向上できる。

#### 図面の簡単な説明

第1図は本発明の好適な一実施例である沸騰水型原子炉の炉心構造の局部平面図、第2図は第1図の炉心構造において下端部に配置された燃料支持金具と燃料集合体の配置関係を示す説明図、第3図は第1図に示す燃料集合体の支持を示すもの

面積比の増加は期待できない。また、上記公開公報の燃料集合体では、集合体内に制御棒を案内する通路を設ける必要があり、構造が複雑になる。

燃料支持金具10としては、第7図に示す形状のものでよい。第7図の例では、冷却材流出口13の開口部が、制御棒通路となる十字型の開口部12よりも低い位置にある。この場合、燃料集合体5は第8図に示すように燃料支持用補助金具16によつて支持される。

第8図(a)は、燃料支持金具10に燃料支持用補助金具16を組み合わせた状態を上方から見た図である。第8図(a)におけるB-B断面を第8図(b)に示す。第8図(b)には燃料集合体5を合わせて示す。燃料支持用補助金具16は、下部に第7図に示す燃料支持金具10の冷却材流出口13に接続する2つの開口部があり、上部に燃料集合体5のノーズ9が接続する1つの開口部がある箱型の構造体で、その高さは第7図に示す燃料支持金具10の制御棒出入口12の開口部高さと冷却材流出口13の開口部高さの差に一致し

であつて(a)は平面図及び(b)は側面図、第4図は第2図に示す燃料支持金具の斜視図、第5図は第3図に示す燃料集合体の下部タイプレートの構造を示すものであつて(a)は平面図及び

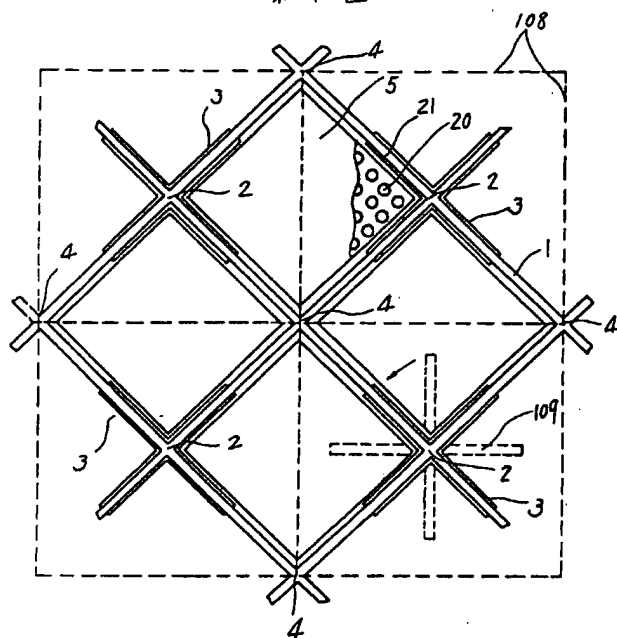
(b)は局部縦断面図、第6図はインチャンネル領域とアウトチャンネル領域との関係を示すものであつて(a)は従来例の構造図及び(b)は第1図の実施例の構造図、第7図は燃料支持金具の他の実施例の斜視図、第8図は第7図の燃料支持金具による燃料集合体の支持を示す説明図、第9図は従来の炉心における燃料集合体配置を示す説明図、第10図は従来の炉心の平面図である。

1…上部格子板、3…制御棒、5…燃料集合体、10…燃料支持金具。

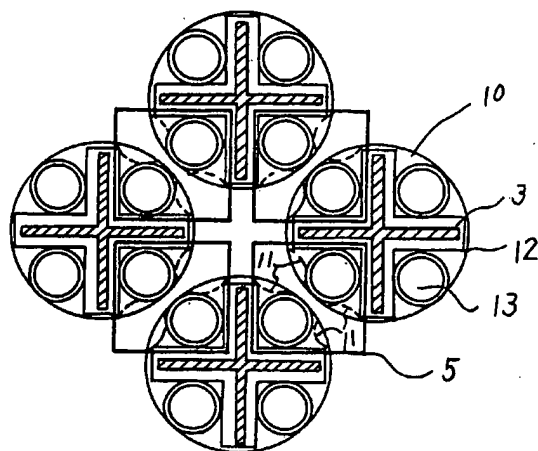
代理人 井理士 小川勝男



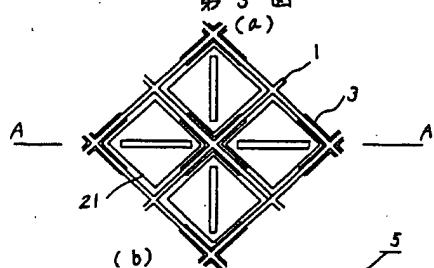
第1図



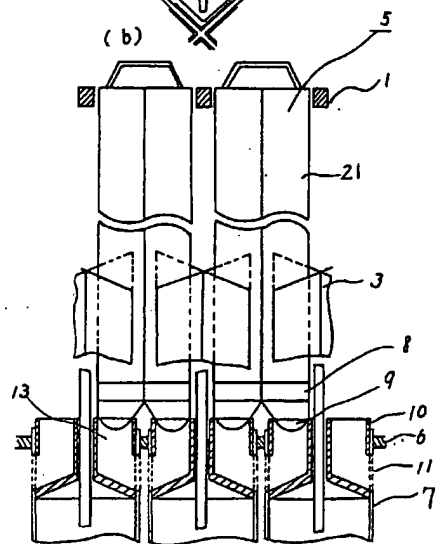
第2図



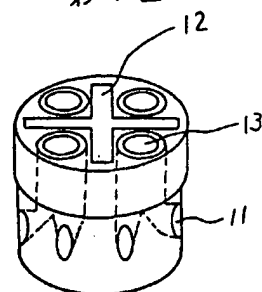
第3図  
(a)



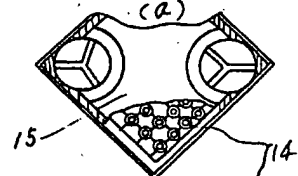
(b)



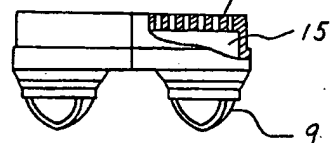
第4図



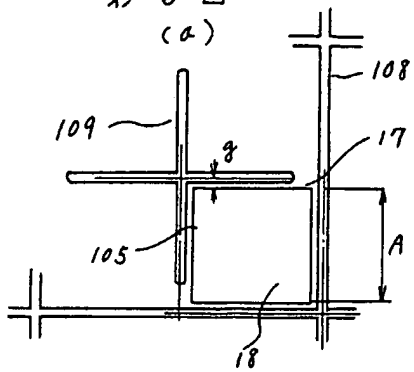
第5図  
(a)



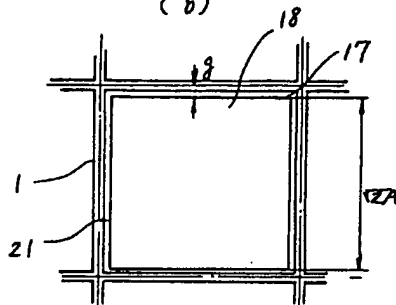
(b)



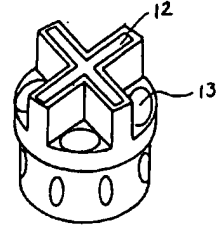
第 6 図  
(a)



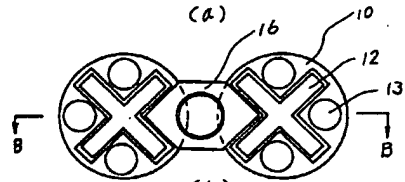
(b)



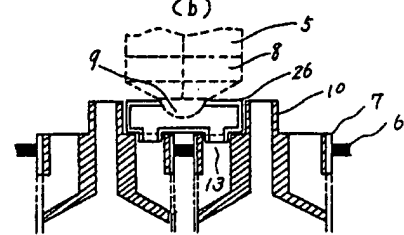
第 7 図



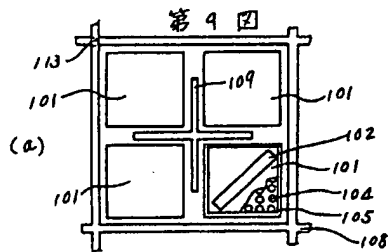
第 8 図  
(a)



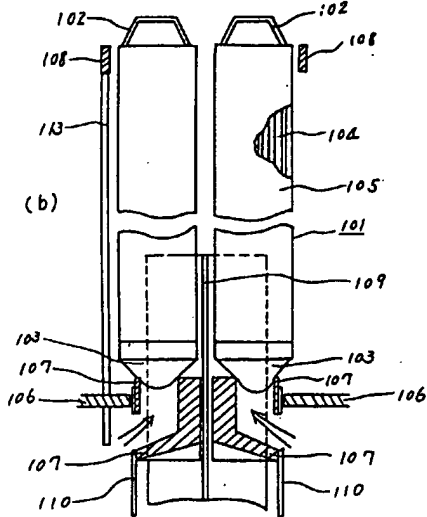
(b)



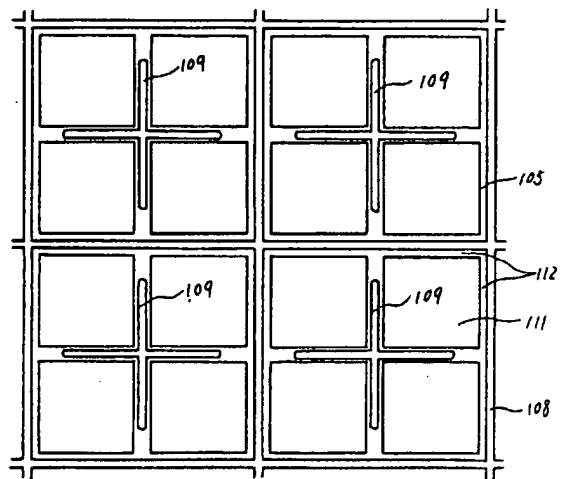
第 9 図



(b)



第 10 図



第1頁の続き

⑦発明者 齊藤 莊蔵 日立市幸町3丁目1番1号 株式会社日立製作所日立工場  
内